

# 秋の北極海における海水面積の回復と大気循環の関係

伊藤匡史<sup>1,2</sup>、猪上淳<sup>2</sup>、立花義裕<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> 三重大学

<sup>2</sup> 海洋研究開発機構

## Relationship between the Arctic Atmospheric Circulation and Sea-ice Recovery during Freezing Season

Masashi Ito<sup>1,2</sup>, Jun Inoue<sup>2</sup>, Yoshihiro Tachibana<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Mie University

<sup>2</sup> JAMSTEC

As the sea-ice extent decreased during summer over the Arctic, it tends to recover quickly during autumn. We investigated a relationship between the recovery rate and atmospheric circulation in particular cyclonic activities over the Arctic at the beginning of freezing season (October). Based on the trend analysis, the average of central pressure of cyclones detected over the Pacific sector (70°-90°N, 90°-270°E) [hPa/year] shows a negative trend during October. On the other hand, in the Atlantic sector (70°-90°N, 270°-90°E), the trend is positive. The number of cyclones crossing 70°N [number/year] is negative in both areas.

### 1. はじめに

北極海の水氷面積は、30年間で約50%減少しており、温暖化の影響が示唆されている [Stroeve *et al.*, 2007]. これは、夏季の水氷減少の変化に伴う秋季の気温や放射等の変化が一要因として考えられている [Screen and Simmonds, 2010]. また、秋季の水氷状態と低気圧活動に関係がみられ [Stroeve *et al.*, 2011], 低気圧活動が水氷生成と関係があることも報告されている [Inoue and Hori, 2011].

それでは、この30年間で水氷の状態が変わることで、海洋や大気にどのような影響を与えられているのだろうか？ 夏季における大気の水氷減少に与える影響は、異常な大気循環が水氷を動かす事で、水氷減少を促進させることが知られている [Ogi *et al.*, 2007]. しかしながら、結氷期における大気場と水氷増加の関係、特に日変動の大きな低気圧と水氷増加の関係は、まだ未解明の部分が多い。そこで本研究では、水氷が年々減少する中で、水氷増減に寄与している低気圧活動に着目し、低気圧活動の年々変動と水氷増加の関係を明らかにする事を目的とする。

### 2. 使用データ

水氷密接度は、National Snow and Ice Data Center (NSIDC) の Nimbus-7 SMMR 及び DMSP SSM/I のマイクロ波放射計から算出されたデータを使用した。グリッド間隔は 25km×25km. 解析期間は、1979年～2010年である。海面更正気圧、ジオポテンシャルには、ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts) の ERA-Interim 再解析データを使用した。グリッド間隔は、1.5°×1.5°. 解析期間は、1979～2010年である。

### 3. 対象領域

研究対象領域は、北緯70度以北の北極域全体、及び太平洋セクター（北緯70度～90度、東経90度～270度）と大西洋セクター（北緯70度～90度、東経270度～90度）である。

### 4. 解析手法

SMMR 及び SSM/I の水氷密接度データより、1979年から2010年までの水氷減少量が最も顕著な太平洋セクターの水氷密接度の領域平均を計算し、各年での最小値とその日付を抽出する。また、10月から12月までの各月での1日時点における同セクターの領域平均された水氷密接度を計算し、各月ごとの水氷密接度値の変動を調べ、実際に水氷が回復している期間を特定する。

ERA-Interim 再解析データの海面更正気圧とジオポテンシャルを用いて、水氷の回復が大気に影響を与えているかを各要素のトレンドから確かめる。

最後に低気圧トラックデータを用いて大気場と低気圧活動が関係しているかを解析する。低気圧トラックは、NCEP/NCAR 再解析データと Simmonds *et al.* [2008] のアルゴリズムを用いて計算した。低気圧活動の要素には、中心気圧、存在個数、発生個数、持続時間、また低気圧の経路を比較対象とし、水氷変動と低気圧活動の関係を解析する。

### 5. 結果

#### 5.1 水氷面積の長期トレンド

水氷密接度データより、各年で水氷密接度の領域平均の最小値を算出した。太平洋セクターの水氷密接度は、1979年では約70%、2010年では約30%となっており、顕著に減少している（図省略）。また、各年において水氷密接度の最小値を記録した日付は、年々遅くなる傾向にあった（図省略）。つまり、これは水氷

が無い期間が長くなり、その分秋から冬にかけて海氷を生成され期間が短くなっている事を意味する。さらに10月の海氷は、夏季に海氷が年々減っている事と連動して、減少している事がわかった。ところが11月になると、10月の海氷の多寡に関わらず面積が80%まで回復するようになる。12月に関しては、過去約30年間の値に差がない。この結果から海氷面積の回復は、10月と11月の間で行われていると考えられる。そこで、10月・11月における1日あたりの太平洋セクターの海氷密接度の回復率を計算した（Figure 1）。それぞれの月において海氷増加率は、年々大きくなっているが、特に10月の海氷増加率が著しく大きい。したがって、10月の大気循環の変動が、海氷の回復率増加に影響を与えていると考えられる。また、10月の海氷増加に伴う熱的影響が大気にも現れると予想される。

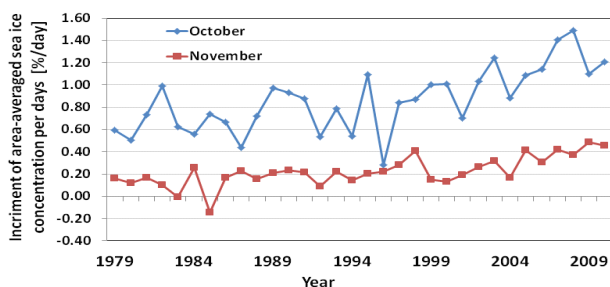


Figure 1. Daily increment of sea-ice concentration averaged over the Pacific Arctic.

## 5.2 低気圧活動

### 5.2.1 中心気圧

低気圧トラックデータを用いて、9月・10月・11月における北緯70°以北で最盛期を迎えた低気圧の中心気圧の平均値のトレンドを算出した。9月・11月において太平洋側（70°-90°N, 90°-270°E）と大西洋側（70°-90°, 270°-90°E）はともに低気圧が強化している。10月では、太平洋側で弱化、大西洋側で強化している。同様の月、同様の領域で最盛期を迎えた低気圧の個数は、9月で全体的に増加傾向にあり、結氷期の10月は、減少傾向にある（図省略）。北緯70度以北で発生した低気圧の個数のトレンドも同様の傾向であった（図省略）。一方、9月に最盛期を迎えた北緯70度以北の低気圧の持続時間のトレンドは、大西洋セクターで長期化、太平洋セクターで短期化していた（図省略）。また、10月の極域全体でも短期化傾向にある。

### 5.2.2 経路

低気圧トラックデータを用いて、1989年から1999年までの低気圧の経路（図省略）と2000年から2010年までの低気圧の経路（図省略）から、2000年以降では、低気圧が太平洋セクターを通った線の数が少なく、特に、ラプテフ海やチュクチ海での減少が顕著である。これは、高気圧の強化、若しくは熱的影響による変化がこ

の領域で起こっていると考えられる。

## 6. 考察・今後の展望

太平洋セクターでの海氷の回復は、10月に起こっており、他の月に比べ顕著に回復する時期であることが分かった。また10月での1日当たりの海氷増加率は、年々増加傾向にあり、海氷は短期間で急激に増える傾向にあることもわかった。海面更正気圧と500hPa面のジオポテンシャル高度のトレンド（図省略）から、9月・11月では、順圧的構造である一方で10月では、傾圧的構造となっている。これより、海氷が生成されるこの時期に大気下層で何かしらの応答が起こっていると考えられる。しかしながら、10月における気圧のトレンドでは、バレンツ海やチュクチ海で負のトレンドがあるにも関わらず、その結果に反して、低気圧活動は弱化する傾向にある。これは、月単位のトレンドを見ているため、今回の結果に至ったのではないかと考えられる。低気圧の海氷生成との反応は、総観規模の時空間スケールを考慮する必要がある。さらに、低気圧本体のみの変動だけでなく、低気圧がもたらす水平移流や海洋からの熱輸送も考慮する必要がある。今後、海氷生成と低気圧活動の関係を数値化し、より具体的な関係を解析することで二者の関係を具体化することが出来る。

## 7. 参考文献

- [1] Inoue, J., and M. Hori, 2011: Arctic cyclogenesis at the marginal ice zone: A contributory mechanism for the temperature amplification? *Geophys. Res. Lett.*, **38**, L12902, doi:10.1029/2011GL047696.
- [2] Ogi, M., and J.M. Wallace, 2007: Summer minimum Arctic sea ice extent and the associated summer atmospheric circulation, *Geophys. Res. Lett.*, **34**, L12705, doi:10.1029/2007GL029897.
- [3] Screen, J. A., and I. Simmonds, 2010: Increasing fall-winter energy loss from the Arctic Ocean and its role in Arctic temperature amplification, *Geophys. Res. Lett.*, **37**, No. 16, L16707, doi:10.1029/2010GL044136.
- [4] Simmonds, I., C. Burke, and K. Keay, 2008, Arctic climate change as manifest in cyclone behavior, *J. Clim.*, **21**, 5777–5796, doi:10.1175/2008JCLI2366.1.
- [5] Stroeve, J., M. M. Holland, W. Meier, T. Scambos, and M. Serreze, 2007: Arctic sea ice decline: Faster than forecast. *Geophys. Res. Lett.*, **34**, L09501, doi:10.1029/2007GL029703.
- [6] Stroeve, J. C., M.C. Serreze, A. Barrett, and D. N. King, 2011: Attribution of recent changes in autumn cyclone associated precipitation in the Arctic. *Tellus*, **4**, 63A, 653–633.